第5卷第1期增刊　　动 物 学 研 究　　Vol. 5, No.1
1984年2月　　ZOOLOGICAL RESEARCH　　Feb., 1984

鱼 类 染 色 体 研 究*

周 暾

（武汉大学生物系细胞遗传学实验室）

鱼是脊椎动物中分布最广、种类最多的一个类群，具有极其多样的生物学特性和重大经济价值。考察鱼类染色体，对研究鱼类的遗传、变异、分类、系统演化以及杂交育种等，都具有重大意义。但鱼类染色体一般都多而小，考察困难，研究工作进展较为缓慢。五十年代以来，由于对人类染色体的研究在技术上有一系列的改进和创新。六十年代初，又建立了人类染色体的分类和命名的统一系统，从而极大地促进了对鱼类染色体的研究。1966年，Ojima等首先将低渗处理细胞和空气干燥法制片应用到鱼类染色体研究中，取得了良好的效果，第一个作了鱼的核型分析。随后，一些学者，又相继建立了鱼的外周血培养（Ojima等，1970；Heckman等，1970）、鳞上皮细胞培养（Ojima等，1972）、卵巢组织培养（Chen等，1970）、以及鱼的肾细胞PHA法培养（Yamamoto等，1973）等以研究鱼类染色体为目的的体外细胞短期培养方法，因而，鱼类染色体研究进入了蓬勃发展的阶段。到1980年，已有过染色体研究报道的鱼类种类数累计达1076种。（Васильев，1980）占世界上现存鱼类种类总数的5％左右。

国内对鱼类染色体的研究始于七十年代初。1975年才有报道。随后，从1979年到现在，已有报道约30篇，涉及的鱼类约70种次。

现就我们实验室所做鱼类染色体方面的工作介绍如下：

我们的工作是从70年代初开始的，1975年和长江水产研究所育种室共同发表了国内第一篇以鱼类染色体数目和核型为内容的报道。历年来，我们分别采用短期血培养、肾细胞培养，胚胎材料，活体注射秋水仙素，或事先注射PHA或10％的酵母液以增加鱼的肾细胞有丝分裂相等方法，对约120种鱼的染色体数目和核型进行了考察；测定过14种鱼的细胞DNA含量；对鱼类染色体的各种斑带技术和分染技术做了一些探索，建立了一种改良的姊妹染色单体分染（SCD）技术，克服了SCD技术在鱼类细胞中应用的困难。鱼类染色体多重带分带技术方面，复制带取得初步结果。C斑带和银染方面的工作也在进行。

* 本课题系中国科学院（82）科基金生准字第156号文批准科学基金资助，课题主持人为余先觉教授，参加了工作的人员有李康、李渝成、周密、余其兴、洪云汉、桂建芳、凌均秀等。

一、常见淡水鱼类染色体数目和核型（见附表）

对分布在湖北省武汉市、沙市市及其附近水体，广东省韶关地区北江水系等处的约120种鱼的染色体数目和核型做了不同程度的观察和分析，为了更有利于分析比较，我们也引用了国内其他人发表的鱼类核型资料（包括和我们重复的共约40种）。总计为138种（亚种），分属于8目18科。其中鲤形目101种，占总种类数的73%，单是鲤科有98种，占总数的71%；鲶形目21种，占15%；鲈形目有10种，占7%；其余五目都只有1—2种。上述种类分类组成的情况，虽有一定的人为影响，但却也在很大程度上表明，这些鱼类的地区性和常见程度。鲤形目（主要是鲤科）鱼类所占比例特大，是与我国淡水鱼类区系和种群数量分布的总体情况基本相符的。

在这138种鱼中，已知染色体二倍数最少的是2n＝24，见于合鳃目黄鳝和鲶形目的白缘鉠，但二者核型截然不同。染色体数最多的是银鲫2n＝150±；其次是鲤、鲫、泥鳅、刺鲃等2n＝100。都只限于鲤形目，明显是多倍化类型。

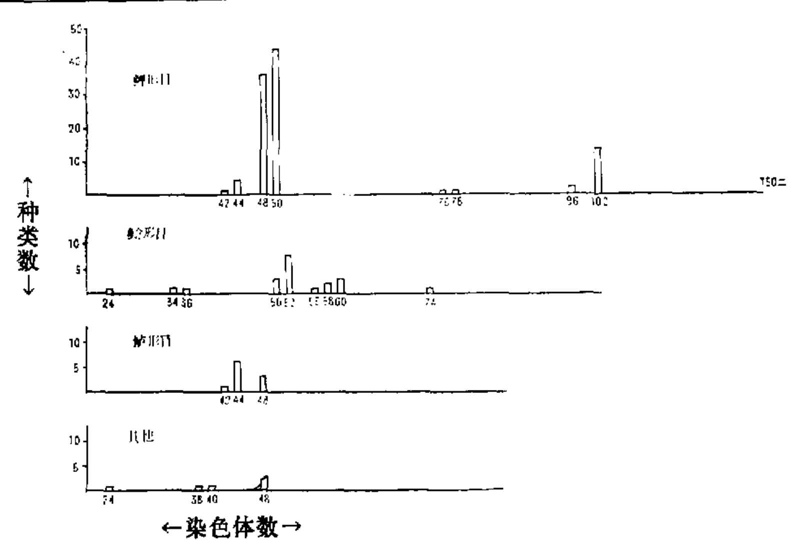
138种鱼中出现有18种二倍数数值，呈不连续分布。但在44、48、50、52和100五个数位处，种类数相应集中。尤其是在2n＝48、50的两个数位处，种类数高达总数的62.3%。其中主要是鲤科鱼类，计75种，单独占到54.3%。2n＝44和52的种类数分别占7.25%和5.8%，主要是鲈形目和鲶形目的鱼类；2n＝100的种类数占10%，纯属鲤形目。

鲤形目和鲶形目在鱼类系统演化上都属低位类群。二者染色体数目分布的离散度都大，但分布情况不同。鲤形目有42、44、（46）48、50、76、78、96、100、156九种，主峰位在48-50处，另在100处有一小峰，低于2n＝48的情况仅限于鳑鲏亚科的种类。从众数48-50向染色体数目增加方向的离散分布，异常明显是不连续的，只有76-78；96-100；150三群，以2n＝48－50为基数，相互间显然保持着2：3：4：6的关系，这决非偶然，而是暗示出一条多倍化的演化途径。在这101种鲤形目鱼类中，染色体数目为2n＝48、50的种类（77种）占其总数的76%，除上述两种情况外，没有其他类型。因此可以认为以2n＝48、50为代表的基数亦即组型。鲤类染色体数目的演化是保守的。

反之，在21种鲶类鱼中，出现有9种二倍数目。分为2n＝24；34-36；50-52；56-60；74等五群。其中2n＝52种类最多，在鲶类中占38%，其次为2n＝50和2n＝60两种。染色体的众数较鲤形目鱼类普遍上移，但在个别的科、如钝头鮠科中也有染色体数目显著减少的情况。这种特化形式出现在低位类鱼中确是很独特的。（图1）

鲈形目是鱼类系统演化上的高位类群。是鱼类中最大的一个目，淡水种类却远少于鲤类，国内工作尚只涉及其中五科10种，且其中三种罗非鱼又非我国原产，可供分析的资料过少，但和鲶形目对比之下，这10种鱼中只有2n＝42、44、48三种染色体数，其中2n＝44的六种，2n＝48的三种，结合针鱼、黄鳝等高位鱼的情况一起考虑，仍不难看到高位类群鱼类染色体数目的分布呈收敛状态，类别不多；染色体数目趋于减少，核型中m和sm染色体很少或缺，st、t染色体成分明显增多，染色体总臂数趋向减少。这种情况与Ojima（1979）对700多种鱼的染色体所作的分析，情况是一致的。

核型结构及其演化的情况要复杂得多。不同的类群，不同分类阶元，情况各异，表



图一 138种（亚种）鱼的染色体二倍数的分布情况

象万千，同一分类群中，近缘种的核型不一定类似，甚至很不相同。反之，不同分类群中的某些种类，却可能不仅染色体数目、甚至染色体形态和分组组成外表十分一致。非斑带核型的外表与鱼类形态分类学位置矛盾而使人困惑的情况，在鱼类中并不少见。在同一分类阶元内，核型演化途径和表现形式也可能不同。

鲤形目是鱼类中仅次于鲈形目的第二个大目，约3,000种，全是淡水鱼，几乎占现存淡水鱼种类总数的一半。我国是鲤类鱼最丰富的国家，国内考察的这138种鱼中，鲤类鱼占73%、达101种之多，可见其物种分化是显著的。但核型演化相对显得很保守。101种鲤类鱼中出现9种染色体二倍数，而鲶类中21种鱼同样也有9种二倍数，核型的多样性往往与分类阶元中较原始的类群相联系，这在鲤科鱼中是明显的。雅罗鱼亚科和鲃亚科中都出现有四种数目，核型变化也较大，而较特化的类群如鳊亚科、鲴亚科和鲢亚科，这三个亚科不仅染色体数目毫无例外都是2n＝48，而且染色体形态特征和分组组成也都很类似。鮈亚科也同样具有染色体数目高度一致（2n＝50）的特色，但核型变化却极富多样性，伍献文等（1977）根据形态结构特征的比较研究，把鮈亚科鱼类分为原始型、基本型和特化型。根据我们对核型的分析，发现二者之间有某种程度的一致性，即属原始型种类的核型中，st和t染色体成分较多，而在基本型种类的核型中有所下降，在特化型种类的核型中t染色体基本消失。鮈亚科鱼类核型演化是在染色体数目高度稳定的基础上，随分类地位的上升，m和sm染色体趋向增加而st，t染色体则趋向减少，NF数增加。鲤类鱼中染色体数目有变化的类群，其核型演化的一种情况是通过多倍化途径，如鲤亚科和鳅科，不仅看到染色体数目成倍性的增加，我们在测定其细胞DNA含量的结果中，也得到证实。再如，鲤形目鱼类中2n数低于48-50这一基数的唯一现象只在鳑鲏鱼亚科中见到。根据核型分析，鳑鲏亚科的染色体数目有2n＝48、46、

44、42四种。2n＝46的类型国内尚未见到。在2n＝48、44、42的三种核型中，m染色体的增减与st，t染色体数目的变化明显相关，则每出现一对m染色体的增减，总是相应地伴随染色体二倍数总数减少或增加2个。例如高体鳑鲏2n＝48，有5对m染色体；大鳍刺鳑鲏2n＝44，有7对m染色体；无须鱊2n＝42，有8对m染色体，这种规律性的变化，很容易使人联想到着丝粒融合机制所导致的核型改变与此是相符的。无须鱊的核型是2n＝42，16m＋12sm＋14st・t，NF＝70。这是我们在鳑鲏鱼类中首先发现的鲤科鱼中一种新核型，这一发现对揭示鳑鲏亚科鱼类染色体演化是很有利的。为此，我们对无须鱊的核型做了C斑带验证分析。在鳑鲏亚科非斑带的核型比较中，不难看出2n＝48的核型中，第一对m染色体并不是最大的染色体，但在2n＝44、42的核型中第一对m染色体明显是最大的。无须鱊的C斑带核型显示，其第1－3对m染色体着丝点C斑带明显较大，约相当于其他染色体着丝点C斑的一倍。（图版Ⅰ，图2）染色体数目和形态特征以及对无须鱊核型C斑带分析，三者都有助于表明鲤科鱼类存在有以鳑鲏亚科鱼类为代表的另一种核型演化途径，是通过着丝点融合方式。

在我们考察过的100余种鱼类中，除黄鳝是雌雄同体，雌先熟有性转化，以及银鲫为雌核发育类型外。其他鱼类都是遗传上的异配生殖类型，核型分析中绝大多数未见到性异形染色体。在短颌鲚的核型分析中，发现两性个体体细胞染色体数有差异，从武汉、沙市两地分别采到的两性个体4♀、30♂，经反复验证核型，确系♀2n＝47、♂2n＝48。据此，初步认定这可能是一种前所未见的性决定型—ZZ/ZO型。（图版Ⅰ，图5.6.）在其他鱼中，鳗鲡是具ZW/ZZ型性染色体的。C斑带分析，有迹象显示另有几种鱼似乎也有可能具异形染色体，但尚待进一步分析确定。

二、鱼类细胞DNA含量的研究

我们在对湖北两种泥鳅的染色体考察中发现，大鳞付泥鳅核型是2n＝48，普通鳗尾泥鳅是2n＝100，而国外对此报道为2n＝50；对黄鳝核型分析结果为2n＝24；大多数鱼类是2n＝48或50；鲤、鲫为2n＝100，为了解染色体数和DNA含量的关系、查明2n＝100的泥鳅是否确系多倍化鱼，我们选择了14种常见鱼对其细胞DNA含量进行了检测。这14种鱼及其染色体数和有关DNA含量测定的数据见表1。

测定方法是：取血涂片，空气干燥后，经90％甲醇处理、随后以冰醋酸－甲醇（1:3)再固定，充分气干后保存于70％甲醇中备用。标本采用Feulgen染色，脱水，DPX封片待测。以显微荧光光度法测定，仪器系北师大的西德造MPVⅡ显微光度计。氙光源，激发滤片加干涉滤片采用2mmBG36＋S546，使通过的激发光束成为单色绿光。双色分光反射镜和内阻断滤片为TK580，外阻断滤片为K610。目镜6.3X，油浸物镜100X，光电倍增管高压为1,000伏。测定时，被测细胞的荧光信号经多道分析器处理后输入电子计算机进行数据处理，最后由打印机给出，经简单计算即得到每个细胞DNA含量的随机单位（A．U.）。

每个样品随机测定50个以上的红细胞，以人淋巴细胞为对照细胞。以对照细胞的A．U.值为100％，并根据已知人淋巴细胞DNA含量为7微微克（pg.）计算出每种鱼

的细胞DNA的相对含量和绝对含量。结果表明，绝大多数情况下，鱼类细胞DNA含量只有人类淋巴细胞DNA含量的30%左右。鱼类二倍体染色体数与其DNA含量是相关的。2n=44-58的十种鱼的DNA含量均在2.0—2.9pg之间。2n=48的和2n=50的类型二者间DNA值无显著差异（P>0.05）。2n=100的鲤鱼和泥鳅的细胞DNA含量高达3.5pg和4.6pg。相当于2n=48-50的鱼类DNA含量的一倍。鱼的分类地位也与DNA含量有关，分类地位较高的鱼如：乌鳢、黄鳝DNA值均较低。上述结果和Hinegardner，Cimino，Hafez等测定约300种鱼的细胞DNA含量所得结果基本一致。泥鳅的DNA值约为大鳞付泥鳅的一倍，这也证明泥鳅是一种多倍性鱼。

表1　　十四种鱼的细胞DNA含量

鱼名		2n数	测定的细胞数	随机单位 (A.U.) (X±S.E.)	相对含量 (%)	绝对含量 (Pg)
草鱼	Ctenopharyngodon idellus	48	50	10.88±0.34	29.4	2.1
团头鲂	Megalobrama amblycephala	48	54	12.66±0.38	34.2	2.4
白鲢	Hypophthalmichthys molitrix	48	53	10.68±0.29	28.8	2.0
似刺鳊鮈	Paracanthobrama guichenoti	50	55	13.63±0.38	36.8	2.6
麦穗鱼	Pseudorasbora parva	50	66	13.29±0.50	35.9	2.5
黑鳍鳈	Sarcocheilichthys nigripinnis nigripinnis	50	50	13.19±0.35	35.6	2.5
鲤鱼	Cyprinus carpio	100	62	18.28±0.37	49.4	3.5
泥鳅	Misgurnus anguillicaudatus	100	56	24.37±0.48	65.8	4.6
大鳞付泥鳅	Paramisgurnus dabryanus	48	57	11.75±0.29	31.7	2.2
黄颡鱼	Pseudobagrus fulvidraco	52	53	10.52±0.39	28.4	2.0
鲶鱼	Parasilurus asotus	58	54	15.26±0.40	41.2	2.9
黄鳝	Monopterus albus	24	55	8.63±0.23	23.3	1.6
尼罗罗非鱼	Tilapia nilotica	44	54	12.19±0.42	32.9	2.3
乌鳢	Ophiocephalus argus	48	57	6.69±0.25	18.1	1.3
人淋巴细胞（对照标准）			100	37.03±0.84	100.0	7.0

三、一种改良的SCD方法及其在鱼类细胞上的应用

姊妹染色单体交换（SCE）能敏感地反映染色体的损伤及其修复。虽然这种修复仅限于该染色体的两姊妹染色单体间的对等交换，理应不产生异常的遗传效应。但大量资料表明，不同的诱变剂，在同样克分子浓度，其诱发的SCE频率和突变频率，是随诱变剂的毒性增强而增加。在对化学物质诱变性的检测中，SCE分析法与经典的Ames法结果高度一致，（李昌本等，1979）加之SCE具有灵敏度高的优点。SCE检测方法早已被广泛作为鉴定化合物诱变作用的生物检测手段。将SCE检测应用于水质污染的生物学监测，以鱼类作为监测动物，是有意义的。鱼类在被污染水体中生活所积累的遗传损伤，有可能通过细胞的SCE反映并被检出。

显示细胞SCE的SCD技术发展很快。Korenberg等（1974）的热盐法，Wolff等

(1974) 的荧光加Giemsa法 (FPG) 等都是比较成熟而被广泛采用的，在此基础上改进的SCD方法也不少。

国内有关SCE和SCD的研究甚多，但在鱼类方面有关资料却很欠缺。原因是多方面的。鱼类染色体很难显示G带，表明其结构与哺乳动物染色体确有某些差异。染色体多而小，SCE较难显示，观察、分析也较难。Kligerman等 (1976) 曾报道采用活体注射BrdU，以热盐法或FPG法对荫鱼 (Umbra limi) 做过SCE考察。

我们曾分别采用热盐法，UV—Giemsa法 (赵寿元等，1981)；以及Goto等 (1975) 的硫堇—日光—姬姆萨法处理白鲢的培养肾细胞，均未获得稳定而分化染色良好的效果。在前人实验基础上，我们探索出一种改良的硫堇—UV—Giemsa法，应用于白鲢，鲫鱼，大鳞付泥鳅的培养肾细胞，以及IdU活体注射鲫鱼、大鳞付泥鳅取肾细胞制片进行SCD处理，均取得了稳定的良好效果、此法的优点是方法简易，效果稳定，费用低廉，容易掌握，便于推广。

具体程序如下：

(一) 细胞的培养，BrdU或IdU的掺合，制片前的预处理和制片方法都和常规的SCD相同。

(二) 硫堇—UV—Giemsa程序：

1) 以$10^{-3}M$的硫堇蒸馏水溶液染20分钟。

2) 蒸馏水冲洗玻片；用滤纸吸去其上多余水分；将玻片平放于培养皿中，用$1M$ Na_2HPO_4 (pH8.2—8.3)浸没玻片，在水浴上保持45—50°C恒温。置紫外灯下，20W，距离3—5厘米，照射15—30分钟。

3) 自来水冲洗玻片，Giemsa染色即成。(图版Ⅰ，图1)

对某些鱼 (如鲫鱼) 的细胞，经上述程序处理，若分化效果不理想，则宜先用$1M$ Na_2HPO_4于60°C处理15—20分，有明显加强SCD的效果。

用上述方法，我们考察到白鲢的体外短期培养细胞在培养16—18小时开始出现第一代分裂细胞，培养38小时即有11.5%的细胞进入第二次分裂周期。72—76小时，第二代分裂细胞进入高峰期。第三次分裂细胞此时可达10%左右。

四、鱼类的染色体显带

染色体显带是60年代末兴起的一项细胞学新技术，它采用某些细胞化学或免疫化学显色方法，在染色体臂、着丝粒等区域显示出着色深浅或明暗相间的带纹，从而使对单个染色体和染色体片段的识别成为可能。迄今，各种染色体显带方法，如C—、Q—、G—和R—显带等在哺乳类特别是人类染色体的研究中已成为重要的手段，但鱼类的染色体显带，则相形见绌，仅C—斑带有成功的报道，Q—、G—和R—显带仍不成功。只有极个别鱼的G带略具成效。(Blaxhall, 1983) 现将我们历年来这方面工作的情况简介如下。

(一) 鱼类染色体的C—斑带

我们先后对十余种鱼进行了C—斑带染色，现以无须鱊的C—斑带为例说明如下。

按Sumner（1972）的BSG方法修改，步骤如下：

1）空气干燥法制备的染色体标本经Giemsa染色、拍照后用冰醋酸—甲醇（1:3）脱色，晾干。

2）0.2NHCl溶液中室温处理30分钟。

3）浸入新配的5%$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$溶液中（60°C水浴）处理8～10分钟；0.2N HCl溶液浸洗数秒，蒸馏水充分漂洗。

4）置60°C水浴恒温的2×SSC溶液中温育60分钟。

5）蒸馏水漂洗后立即用1/10Giemsa染液（0.15M磷酸缓冲液稀释，pH6.8）染色20分钟。

无须鱊的42条染色体经C—斑带染色后均表现出染色较深而大小不一的着丝粒C—斑带，同源染色体C—斑带的大小、位置和着色强度相同，不同染色体的C—斑带有一定差异。常规染色很浅的一对随体经C—斑带染色后却着色特别深，显示出随体与C—斑带的对应关系。我们曾根据鳑鲏亚科鱼类常规核型分析的结果提出，着丝粒融合是该亚科鱼类核型演化的主要机制，无须鱊2n＝42的核型是从类似于高体鳑鲏2n＝48的核型经三次着丝粒融合的产物。无须鱊的C—斑带带型，对此提供了旁证：无须鱊的染色体着丝粒C—斑带大多较小，只有3对m染色体即m_1、m_2和m_3的着丝粒C—斑带明显较大，约相当于其它各对染色体着丝粒C—斑带的两倍。如果这三对m染色体果真是着丝粒融合的产物，则它们的C—斑带的这种特征正是我们所期望的。（图版Ⅰ，图2）

对鲢、鲫、华鳈、蛇鮈、鳙、中华倒刺鲃、鳗鲡、斑鳢等作C—斑带染色发现，不同的鱼种、同一鱼种的不同个体或同一个体的不同片龄的染色体标本，其C—显带条件差异很大。$Ba(OH)_2$处理是整个程序中关键的步骤。

（二）G—带和R—带

我们先后采用胰酶法、ASG法、尿素法等对鲢鱼、鲫鱼的染色体试行G—显带，在前中期的细长染色体上，可以出现许多对比度很低、特征不明显细弱带纹。到中期，则往往是在同一个分裂相中，有的染色体显示出带纹，另一些染色体上带纹很模糊或不显示，重复性很差，难以取得理想效果。（图版Ⅰ，图6）按Dutrillaux（1971，1973）的热磷酸盐法处理鱼类染色体，也未获得清晰的R—带图象。

（三）鱼类染色体的复制带

参照Schempp等（1981）和Cawood（1981）等的工作，我们采用BrdU-Hoechest-Giemsa方法，稍加修改应用于鱼类，对大鳍刺鳑鲏、鲢鱼、鲫鱼的染色体进行处理，结果都比较稳定，均可获得能够显示出多重带型（multiple banding pattern）的效果。（图版Ⅰ，图3、4）

方法如下：

1）细胞培养和制片

用含20%小牛血清的RPMI 1640培养液进行肾细胞培养，经56小时后加入BrdU（终浓度10μg/ml），继续避光培养18小时，终止培养前2小时加入秋水仙素（终浓度0.05μg/ml），培养温度26°C。常规空气干燥法制片。

2）显带程序

①配制两种溶液：

PBS Ⅰ：0.15M NaCl，0.03M KCl，0.01M Na_2HPO_4，pH6.8

PBS Ⅱ：0.05M NaCl，0.001M KCl。0.003M KH_2PO_4，pH5.5

②存放24小时以上的上述制片，在1μg/ml的Hoechst33258溶液（PBS Ⅰ配制）中避光浸染15～20分钟。

③依次用蒸馏水和PBS Ⅱ洗涤，将玻片平放在盛有PBS Ⅱ的培养皿中，使溶液刚好淹没玻片，覆上擦镜纸，20W紫外灯垂直照射30～40分钟，照射距离5cm，溶液温度45°C。

④蒸馏水冲洗，浸入60°C水浴的2×SSC溶液中温育60分钟，蒸馏水缓缓冲洗后立即用1/20Giemsa染液（0.15M磷酸缓冲液稀释，pH6.8）染色12～15分钟。

不同的鱼，其显带条件稍有差异，主要是在紫外光处理的时间不完全一样。片龄也有关系，大鳍刺鳑鲏染色体标本的片龄以1—5天最佳。花鲢和白鲢的片龄则以3—10天的为好。片龄长，紫外光照射和2×SSC处理的时间要适当增加。

在我们的实验中，BrdU一次连续处理的时间，以18小时效果最好，半数以上的分裂相染色体上带纹丰富，显示具早复制特征。处理时间不足，不能显示带纹或出现带纹分化的细胞很少。超过18小时以上，少数细胞出现SCD现象。由于鱼类染色体太小，前期末染色体过细，带纹纤弱难辨。正中期染色体短小，带纹展示不良。早中期染色体大小适度，带纹清晰，特征的表现性强。例如，大鳍刺鳑鲏的m染色体均表现出近着丝粒区浅染并伸展的明显特征。（图版Ⅰ，图3）

参考文献

〔1〕王春元等　1982　遗传学报　9（3）：238—242

〔2〕长江水产研究所育种室、武汉大学生物系动物教研究室　1975　淡水渔业科技杂志 2：11—12

〔3〕伍献文等　1963　中国经济动物志——淡水鱼类，科学出版社。

〔4〕伍献文等　1964　中国鲤科鱼类志（上卷），上海科学技术出版社。

〔5〕伍献文等　1977　中国鲤科鱼类志（下卷），上海人民出版社。

〔6〕刘凌云　1980　动物学报26（2）：126—131

〔7〕——1981a　遗传学报　8（3）：251—255

〔8〕——1981b　北京师范大学学报（自然科学版）3：79—83

〔9〕庄吉珊等　1992　北京师范大学学报（自然科学版）3：81—83

〔10〕吴政安等　1980　遗传学报7（4）：370—375

〔11〕——1981　动物学集刊　1：167—172

〔12〕杨慧一　1982　遗传学报　9（2）：143—146

〔13〕陈敏蓉等　1983　遗传学报　10（1）：56—62

〔14〕沈俊宝等　1983　遗传5（2）：23—24

〔15〕李康等　1983　动物学研究4（1）：75—80

〔16〕李渝成等　1982　武汉大学学报（自然科学版）1：55—58

〔17〕——1983　遗传学报10（3）：216—222

〔18〕李树深　1981　遗传3（1）：23—24

〔19〕——1981　鱼类学论文集（第二辑）（科学出版社）pp. 153—155

〔20〕李树深等　1983　遗传5（4）：25—28

〔21〕 周暾 1980 淡水渔业，4：3—7
〔22〕 周暾等 1980 武汉大学学报（自然科学版），4：112—116
〔23〕 武汉大学生物系细胞生物学实验室，1981：武汉大学学报（自然科学版）3：14
〔24〕 武汉大学生物系细胞遗传学实验室，1983：武汉大学学报（自然科学版）3：123—125
〔25〕 洪云汉等 1983a 武汉大学学报（自然科学版）2：96—102
〔26〕 ——1983b 武汉大学学报（自然科学版）3
〔27〕 昝瑞光等 1979 遗传学报6（2）：205—210
〔28〕 ——1980a 遗传学报7（1）：72—77
〔29〕 ——1980b 动物学研究1（2）：141—145
〔30〕 赵守诚等 1982 淡水渔业4：24
〔31〕 凌均秀 1982 武汉大学学报（自然科学版）2：109—112
〔32〕 潘炯华等 1981 华南师院学报（自然科学版）2：1—22
〔33〕 Blaxhall, P. C. 1983 J. Fish Biol. 22, 417—424.
〔34〕 Cawood, A. H. 1981 Chromosoma (Berl.) 83, 711—720.
〔35〕 Chen, T. R. 1970 J. Fisheries Res. Board Cana. 27 (1):168—161.
〔36〕 Cimino, M. C., 1974 Chrmosoma (Berl.) 47 (3):297—307.
〔37〕 Goto, K. et al. 1975 Chromosoma (Berl.) 53, 223—230.
〔38〕 Hafez, R. 1978 Extrait du Bulletin de la Societe d'Histoire Naturelle de Toulouse T. 144, Fasc. 1—2.
〔39〕 Heckman, J. R. et al., 1970 Progr. Fishculturist, 32:206—280.
〔40〕 Hinegardner, R. et al. 1972 American Naturlist, 106 (951):621—644.
〔41〕 Kligerman, A. D. et al. 1976 Chromosoma (Berl.) 56, 101—109.
〔42〕 Korenberg, J R. et al. 1974 Chromosoma (Berl.) 48:355—360.
〔43〕 Ojima, Y. et al. 1966 Proc. Japan Acad. 42:62—66.
〔44〕 Ojima, Y. et. al. 1970 Japan J. Genet. 45 (2):161—162.
〔45〕 Ojima, Y. et al. 1972 Japan J. Genet. 47 (6)445—446.
〔46〕 Schempp, W. et al. 1981 Chromosoma (Berl.) 83:697—710.
〔47〕 Sumner, A. T. 1972 Exptl. Cell Res. 75 (1):304—306.
〔48〕 Wolff, S. et al. 1974 Chromosoma (Berl) 48:341—353.
〔49〕 Yamamoto, K., et al. 1973 L Japan J. Genet. 48 (3): 235—238.
〔50〕 小島吉雄 1979 水产生物の遗伝て育种46—62
〔51〕 Васильев, В. П., 1980 Вопросы Ихтиологии, 20 (3):387—422

附　表

附表：我国部分淡水鱼类的核型

Species 种类	2n	核　型	NF	作　者
Anguillidae 鳗鲡科				
Anguilla japonica 鳗鲡	38			
Engraulidae 鳀科				
Coilia brachygnathus (♀) 短颌鲚	47	47 t	47	
〃 〃 (♂)	48	48 t	48	
Cyprinidae 鲤科				
Leuciscinae 雅罗鱼亚科				
Ctenopharyngodon idellus 草鱼	48	16m + 26sm + 6 st	88	
〃 〃 〃	48	16m + 32sm	96	刘凌云，1980
〃 〃 〃	48	18m + 22sm + 8 st	88	昝瑞光等，1979
Mylopharyngodon piceus 青鱼	48	14m + 34sm.st	(96)	
Squaliobarbus curriculus 赤眼鳟	48	14m + 30sm + 4 st	92	
Elopichthys bambusa 鳡	48	10m + 24sm + 12st + 2t	82	
Luciobrama macrocephalus鯮	48	12m + 22sm + 12 + 2t	82	
Ochetobius elongatus鳤	48	10m + 16sm + 22st	74	
Phoxinus lagowskii chorensis 鲅鱼	48	24m + 4st + 20t	72	赵守诚，1982
Leuciscus leuciscus 雅罗鱼	50			
Opsariichthys uncirostris bidens 南方马口鱼	76			
Zacco platypus 宽鳍鱲	78			
Abramidinae 鳊亚科				
Hemiculter leucisclus 䱗条	48	16m + 26sm + 6 st	90	
H. bleekeri bleekeri 油䱗	48	16m + 26sm + 6 st	90	
Erythroculter ilishaeformis 翘嘴红鲌	48	16m + 26sm + 6 st	90	
E. mongolicus 蒙古红鲌	48	14m + 28sm + 6 st	90	
E. dabryi 青梢红鲌	48	16m + 28sm + 4 st	92	
E. oxycephaloides 拟尖头红鲌	48	20m + 24sm + 4 st	92	
E. hypselonotus 大眼红鲌	48			
Culter erythropterus 红鳍鲌	48	16m + 26sm + 6 st	90	
Pseudohemiculter dispar南方拟䱗	48			
Megalobrama amblycephala 团头鲂	48	18m + 26sm + 4 st	92	
〃 〃 〃	48	20m + 24sm + 4 st	92	昝瑞光等，1979
M. terminalis 三角鲂	48	14m + 26sm + 8 st	88	
Sinibrama melrosei 海南华鳊	48			
Parabramis pekinensis 长春鳊	48	14m + 26sm + 8 st	88	
Hemiculterella sp. 半䱗（未定种）	48			
Pseudolaubuca engraulis 寡鳞飘	48			
Anabarilius andersoni 星云白鱼	48	12m + 24sm + 12st	84	昝瑞光等，1979
A. macrolepis 大鳞白鱼	48	12m + 24sm + 12st	84	〃 〃

续上表

Species 种类	2n	核 型	NF	作 者
A. grahami 滇池白鱼	48	12m + 24sm + 12st	84	昝瑞光等，1979
A. alburnops 银白鱼	48	14m + 20sm + 14st	82	〃 〃
Xenocyprinae 鲴亚科				
Xenocypris argentea 银鲴	48	20m + 26sm + 2 st	94	
X. davidi 黄尾鲴	48	18m + 26sm + 4 st	92	
Plagiognathops microlepis 细鳞斜颌鲴	48	18m + 26sm + 4 st	92	
Acanthobrama simoni 逆鱼	48	18m + 26sm + 4 st	92	
Hypophthalmichthyinae鲢亚科				
Hypophthalmichthys molitrix 鲢	48			1975
〃 〃 〃	48	14m + 24sm + 10st	86	昝瑞光等，1980
〃 〃 〃	48	24m + 16sm + 8 st	(96)	刘凌云，1981
Aristichthys nobilis 鳙	48	26m + 20sm + 2 st	(96)	刘凌云，1981
〃 〃 〃	48	14m + 24sm + 10st	86	昝瑞光等，1980
〃 〃 〃	48	6 m + 36sm + 6 st	(96)	
Barbinae 鲃亚科				
Barbodes caldwelli 刺鲃	100			
B. denticullutus denticulutus 倒刺鲃	100			
B. sinensis 中华倒刺鲃	100	14m + 42m + 18st + 26t	156	李树深等，1983
Sinocyclorheilus grahami grahami 金线鱼	96	22m + 36sm + 38st. t	154	李树深等，1983
S. g. tingi 抚仙金线鱼	96	20m + 32sm + 44st. t	154	李树深等，1983
Capoeta semifasciolata 条纹二须鲃	50			
Acrossocheilus parallens侧条厚唇鱼	50			
A. wenchowensis beijiangensis 北江厚唇鱼	50			
A. irisdescens Zhujiangensis 珠江虹彩光唇	50			
Varicorhinus gerlachi 南方白甲鱼	50			
Tor brevifilis brevifilis 瓣结鱼	50			
Sinilabeo decorus tunting 湘华鲮	50			王祖熊等，1983
Labeo rohita 露斯塔野鲮	50			
Cirrhinus molitorella 鲮鱼	50			
Garra orientalis 东方墨头鱼	50			
Parasinilabeo assimilis 异华鲮	50			
Semilabeo notabilis 唇鱼	50			
Discogobio tetrabarbatus 四须盘鮈	50			
Cyprininae 鲤亚科				
Cyprinus carpio 鲤	100	12m + 40sm + 48st. t	152	吴政安等，1980
〃 〃	100	22m + 30sm + 48st. t	152	昝瑞光，1980
C. longipectoralis 春鲤	100	22m + 30sm + 48st. t	152	〃 〃
C. megalophthalmus 大眼鲤	100	22m + 30sm + 48st. t	152	〃 〃
C. pellegrini barbutus 洱海大头鲤	100	22m + 30sm + 48st. t	152	〃 〃
C. micristius fuxianensis 抚仙小鲤	100	22m + 30sm + 48st. t	152	〃 〃
C. carpio chilia 杞麓鲤	100	22m + 30sm + 48st. t	152	〃 〃

续上表

Species 种类	2n	核　型	NF	作　者
C. carpio rubrofuscus 华南鲤	100	22m + 30sm + 48st. t	152	昝瑞光, 1980
Carassius auratus auratus 鲫	100	22m + 30sm + 48st. t	152	〃 〃
〃 〃 鲫	100	12m + 40sm + 48st. t	152	吴政安等, 1980
〃 〃 鲫（金鱼）	100	24m + 30sm + 46st. t	154	王春元等, 1982
〃 〃 鲫	100			
〃 〃 鲫	150±			
Carassioides cantonensis 须鲫	100			
Gobioninae 鮈亚科				
Hemibarbus maculatus 花䱻	50	16m + 14sm + 16st + 4t	80	
H. labeo 唇䱻	50			
H. longirostris 长吻䱻	50			
Rhinogobio typus 吻鮈	50	14m + 22sm + 12st + 2t	86	
R. cylindricus 圆筒吻鮈	50	14m + 22sm + 12st + 2t	86	
Coreius heterodon 铜鱼	50	16m + 22sm + 10st + 2t	88	
C. guichenoti 圆口铜鱼	50	16m + 22sm + 10st + 2t	88	
Paracanthobrama guichenoti 拟刺鳊鮈	50	18m + 20sm + 10st + 2t	88	
Sarcocheilichthys sinensis sinensis 华鳈	50	18m + 22sm + 8 st + 2t	90	
S. nigripinis nigripinis 黑鳍鳈	50	18m + 22sm + 10st	90	
S. parvus 小鳈	50			
S. kiangsiensis 江西鳈	50			
Pseudogobio vaillanti 似鮈	50			
Rseudorasbora parva 麦穗	50	18m + 22sm + 10st	90	
Saurogobio dabryi 蛇鮈	50	18m + 26sm + 6 st	94	
S. dumerili 长蛇鮈	50	18m + 26sm + 6 st	94	
S. gymnocheilus 光唇蛇鮈	50	18m + 24sm + 8 st	92	
Huigobio *chensiensis* 嵊县胡鮈	50			
Gnathopogon argentatus 银色颌须鮈	50	22m + 26sm + 2 st	98	
G. sihuensis 西湖颌须鮈	50			
Abbottina rivularis 棒花鱼	50	24m + 24sm + 2 st	98	
A. kiatingensis 乐山棒花鱼	50			
A. labeoides 似鲮棒花鱼	50			
Gobiobotinae 鳅鮀亚科				
Gobiobotia ichangensis 宜昌鳅鮀	50	32m + 12sm + 6st. t	94	李树深等, 1983
G. boulengeri 异鳔鳅鮀	50	24m + 14sm + 12st. t	88	〃 〃
G. longibarba *meridionalis* 南方长须鳅鮀	50			
Acheilognathinae 鳑鲏亚科				
Rhodeus sinensis 中华鳑鲏	48	12m + 28sm + 8st. t	88	吴政安等, 1981
〃 〃 〃	48	14m + 28sm + 6st. t	90	李树深等, 1983
〃 〃 〃	48			
R. sericeus 黑龙江鳑鲏	48			
R. occellatus occellatus 高体鳑鲏	48	10m + 24sm + 14st	82	

续上表

Species 种类	2n	核 型	NF	作 者
Paracheilognathus imberbis 彩副鳎	44	14m+18sm+12st	76	
Acanthorhodeus macropterus 大鳍刺鳑鲏	44	14m+18sm+12st. t	76	
A. chankaensis 兴凯刺鳑鲏	44	14m+14sm+16st	72	
A. tonkinensis 越南刺鳑鲏	44			
Acheilognathus gracilis 无须鱊	42	16m+12sm+14st	70	
Cobitidae 鳅科				
Misgurnus anguillicaudatus 泥鳅	100	16m+12sm+0st+72t	128	
Paramisgurnus dabryanus 大鳞付泥鳅	48	12m+4sm+0st+32t	64	
Parabotia fasciata 花斑付沙鳅	50			
Clariidae 胡子鲶科				
Clarias batrachus 胡子鲶	56			
Siluridae 鲶科				
Silurus asotus 鲶	58	20m+24sm+10st+4t	102	
S. soldatovi meridionalis 南方大口鲶	58	20m+20sm+14st+4t	98	
Bagridae 鮠科				
Mystus macropteuus 大鳍鳠	60	20m+12sm+16st+12t	92	
M. guttatus 斑鳠	60			
M. elongatus 长鳠	60			
Pelteobageus fulvidraco 黄颡	52	24m+14sm+10st+4t	90	
(Pseudobagrus fulvidraco)	52	22m+24sm. st+6t	(98)	凌均秀（本室）1982
(P. fulvidraco)	52	28m+12sm+12st	92	沈俊宝等，1983
P. vachellii 瓦氏黄颡	52	22m+16sm+14st	90	
P. nitidus 光泽黄颡	52	20m+16sm+16st	88	
P. eupogon 长须黄颡	50	20m+14sm+16st	84	
Leiocassis adiposalis 脂鮠	50			
L. longirostris 长吻鮠	52	20m+16sm+16st	88	
L. crassilabris 粗唇鮠	52	24m+14sm+14st	90	
Pseudobagrus ussuriensis 乌苏里拟鲿	52	*24m+18sm+10st*	94	
P. tenius 圆尾拟鲿	52	22m+16sm+14st	90	
Amblycipitidae 钝头鮠科				
Leiobagrus marginatus 白缘鉠	24	20m+4sm	48	李树深等，1981
L. anguillicauda 鳗尾鉠	34	20m+12sm+2t	66	李树深等，1983
Sisoridae 鮡科				
Coreglanis kishinouyei 石爬鮡	50	16m+14sm+30st.t	70	李树深等，1981

续上表

Species 种类	2n	核　型	NF	作　者
Euchiloglanis davidi 青鮡	36	6m+8sm+22st.t	50	李树深等，1981
Glyptothorax fujianensis 福建纹胸鮡	52			
Cranoglanididae 鲎鲶科				
Cranoglanis sinensis 鲎鲶	74			
Serranidae 鮨科				
Spiniperca chuatsi 鳜	48	22sm. st+26t	(68)	
〃 〃 鳜	48	24sm.st+24t		杨慧一等，1982
S. kneri 大眼鳜	48			
Eleotridae 塘鳢科				
Odontobutis 塘鳢	44			
Gobiidae 鰕虎鱼科				
(Rhinogobius giurinus 吻鰕虎鱼	44	44st.t	44	李树深等，1983
Ctenogobius giurinus 普栉鰕虎	44	44t	44	
Ophiocephaliae 鳢科				
Ophiocephalus argus 乌鳢	48	20sm.st+28t	(68)	
O. maculatus 斑鳢	48	4sm+22st+22t	(74)	庄吉珊等，1982
Channa casiatica 月鳢	42			
Cichlidae 鲷鱼科	44			
Tilapia mossambica 莫三比克罗非鱼	44	12sm. st+32t	(56)	
〃 〃	44	8sm+36st	52	陈敏容等，1983
T. nilotica 尼罗罗非鱼	44	〃		〃
T. galilea 加利罗非鱼	44	〃		〃
Mastacembelidae 刺鳅科				
Mastacembelus sinensis 刺鳅	48			
M. armatus 大刺鳅	48			
Hemirhamphidae 针鱼科				
Hemirhamphus kurumeus 针鱼	40	2m+38t	42	
Symbranchidae 合鳃科				
Monopterus albus 黄鳝	24	24t	42	

附注：表内未注明作者的均为本实验室研究结果